

---

# Changement climatique : conception d'agroécosystèmes et stratégies d'adaptation paysannes

---

Pablo Tittonell

Equipe CESCA (Conception et Evaluation de systèmes de Culture Annuels) - UR 102 - Cirad-Persyst



Journée Agriculture,  
Développement et Changement  
Climatique

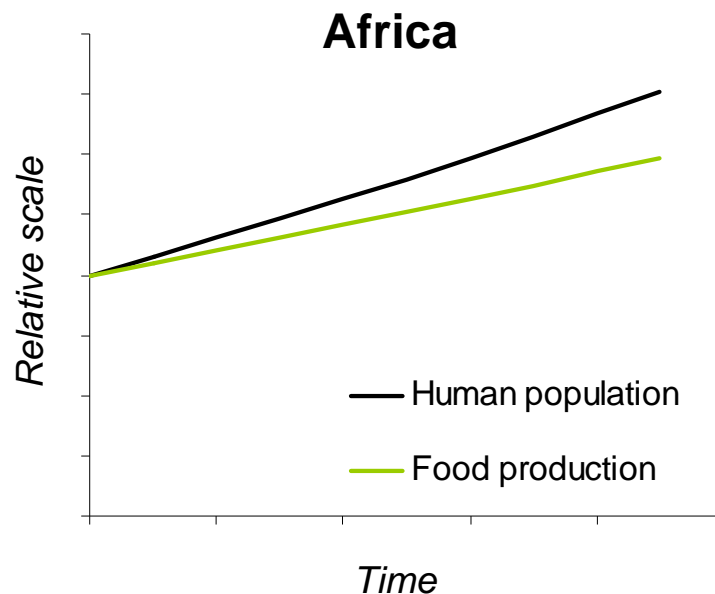
Montpellier, 7 juillet 2010

# Résumé

Les impacts du changement climatique (CC) sont plus intensément ressentis par les agricultures familiales, et notamment en Afrique, où plus de 70 % de la population dépend de l'agriculture pluviale. Dans un tel contexte, les principaux enjeux pour la recherche agronomique sont de : (i) contribuer aux stratégies d'adaptation des communautés rurales avec des systèmes de culture capables de minimiser les risques et les effets négatifs du CC sur la production ; (ii) contribuer à mitiger l'effet de serre par la diminution des émissions de gaz liées à l'agriculture ; (iii) contribuer à mitiger l'effet de serre par la séquestration et le stockage de carbone dans les sols agricoles et dans la végétation pérenne. La manière dont les agriculteurs perçoivent le CC a un impact sur leurs décisions d'investissement et leur inclination à prendre des risques (notamment, par une extensification de l'agriculture). Ces problématiques et quelques résultats de recherche seront examinés, en particulier dans le contexte de l'Afrique.

# Changement climatique & agriculture familiale

- “Business as usual” : pertes de 10-25% en productivité agricole à 2080
- Agriculture pluviale : pertes jusqu’à 50% (Millennium Development Goals?)
- L’agriculture familial (du Sud) la plus vulnérable

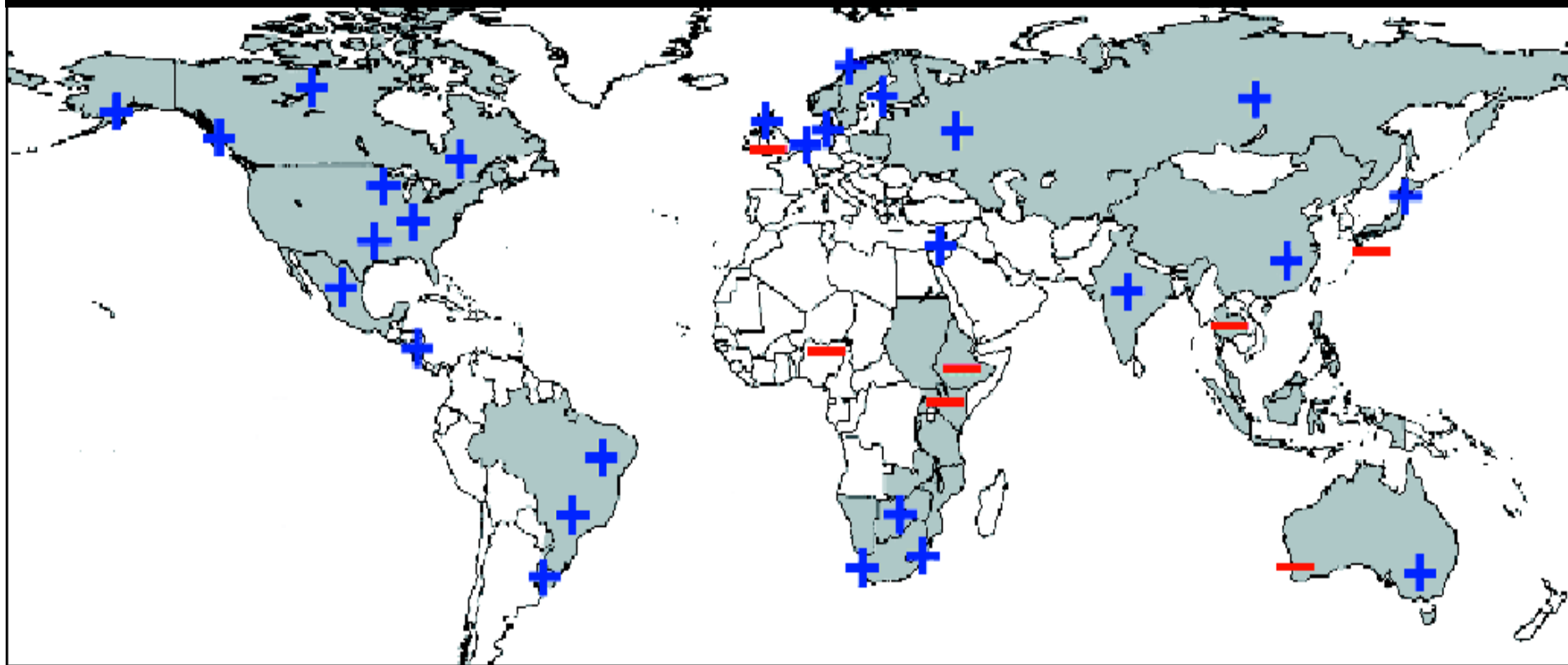


## Predictions des modèles

Impacts sur la productivité agricole (effet fertilisation  $\text{CO}_2$  corrigé )



Fréquence de pluies torrentielles





## Predictions Vulnérabilité



### Vulnérabilité différenciée par région :

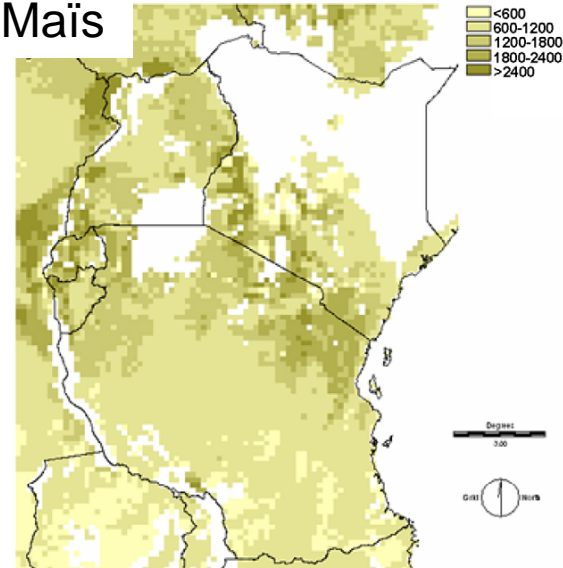
- Afrique de l'ouest et centrale : variabilité des précipitations, impacts sur la sécurité alimentaire et la dispersion du paludisme
- Afrique de l'est : sécheresse au niveau de la mer, augmentation des pluies et changement vers un régime monomodal dans les hautes terres
- Afrique australe : intensification des sécheresses, déplacement des biomes, inondations dans les terres basses

# Variation spatiale de la réponse au CC

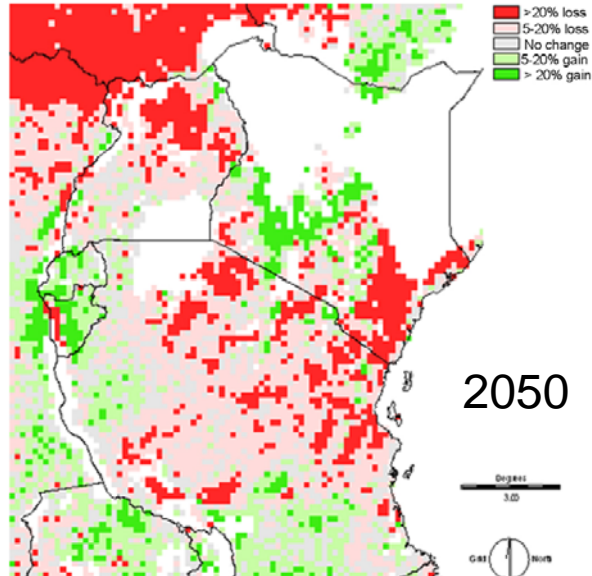
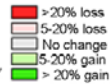
- Afrique de l'est, pluviométrie bimodale : *long & short rains*

Maïs

Simulated current maize yield (kg/ha)



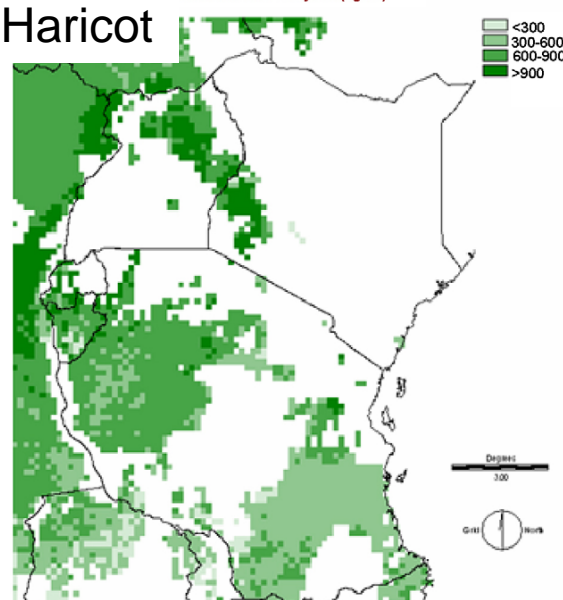
MZ HD A1 2050 . Yield % Difference



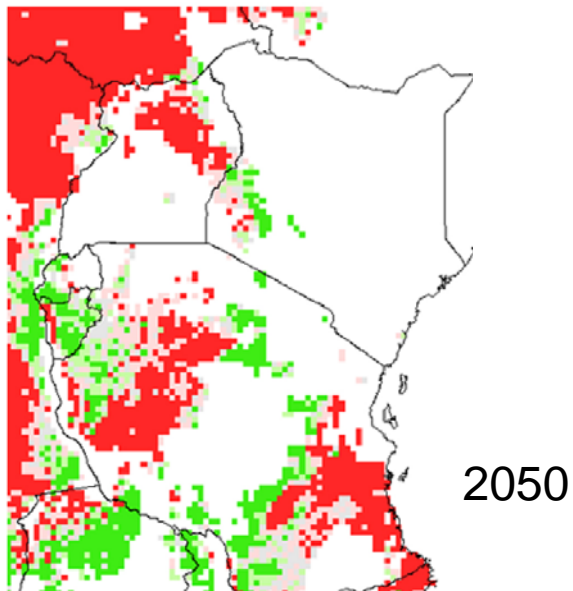
2050

Haricot

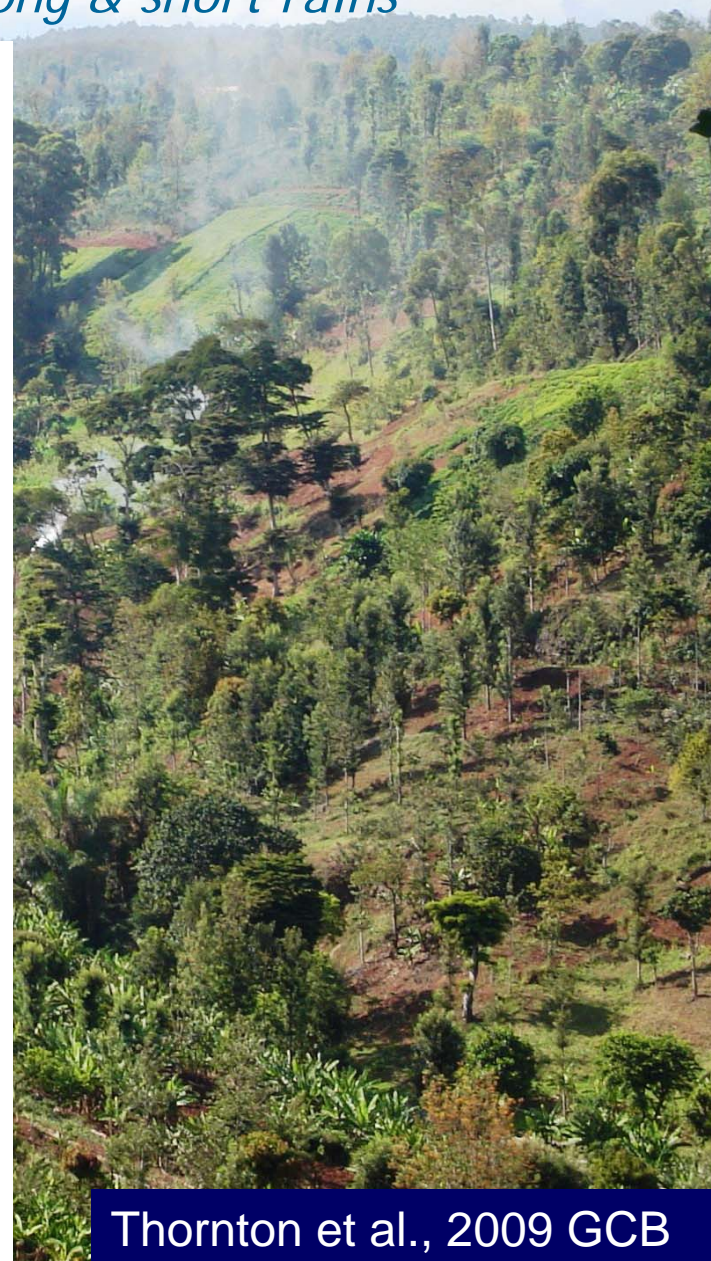
Simulated current bean yield (kg/ha)



BN HD A1 2050 . Yield % Difference



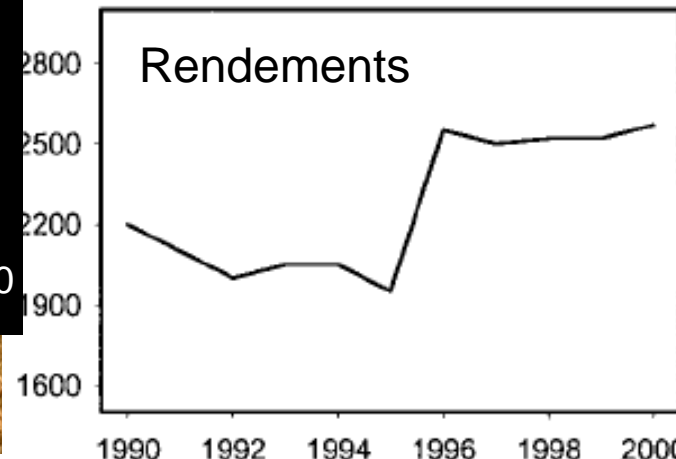
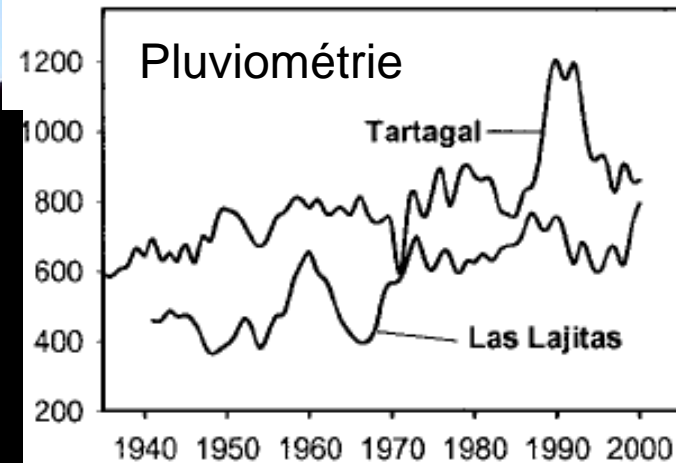
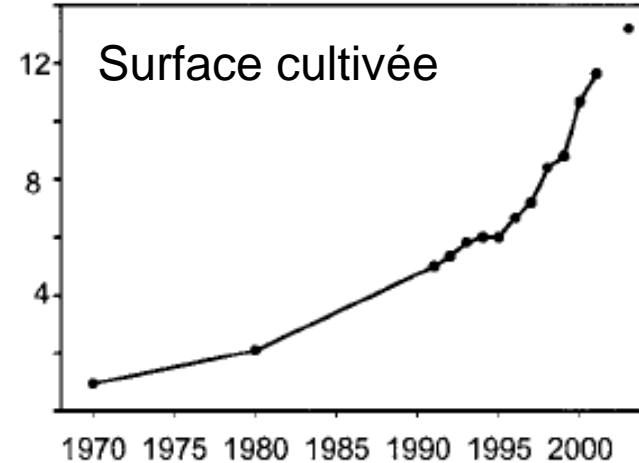
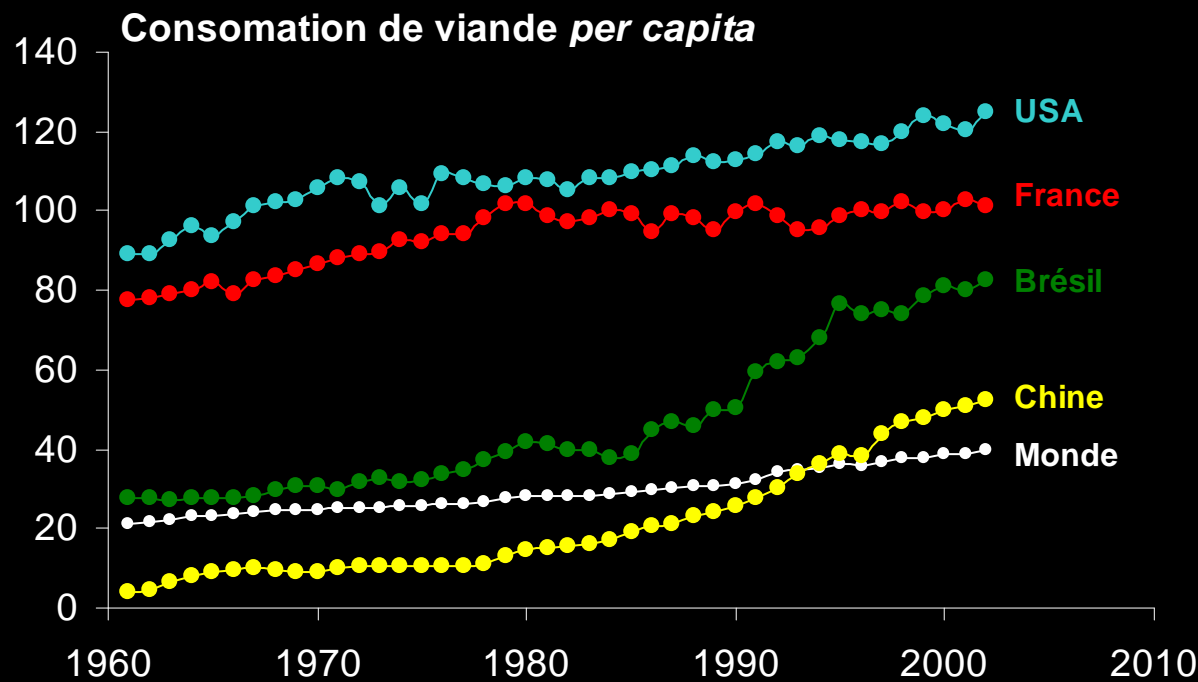
2050





# L'expansion du soja en Argentine

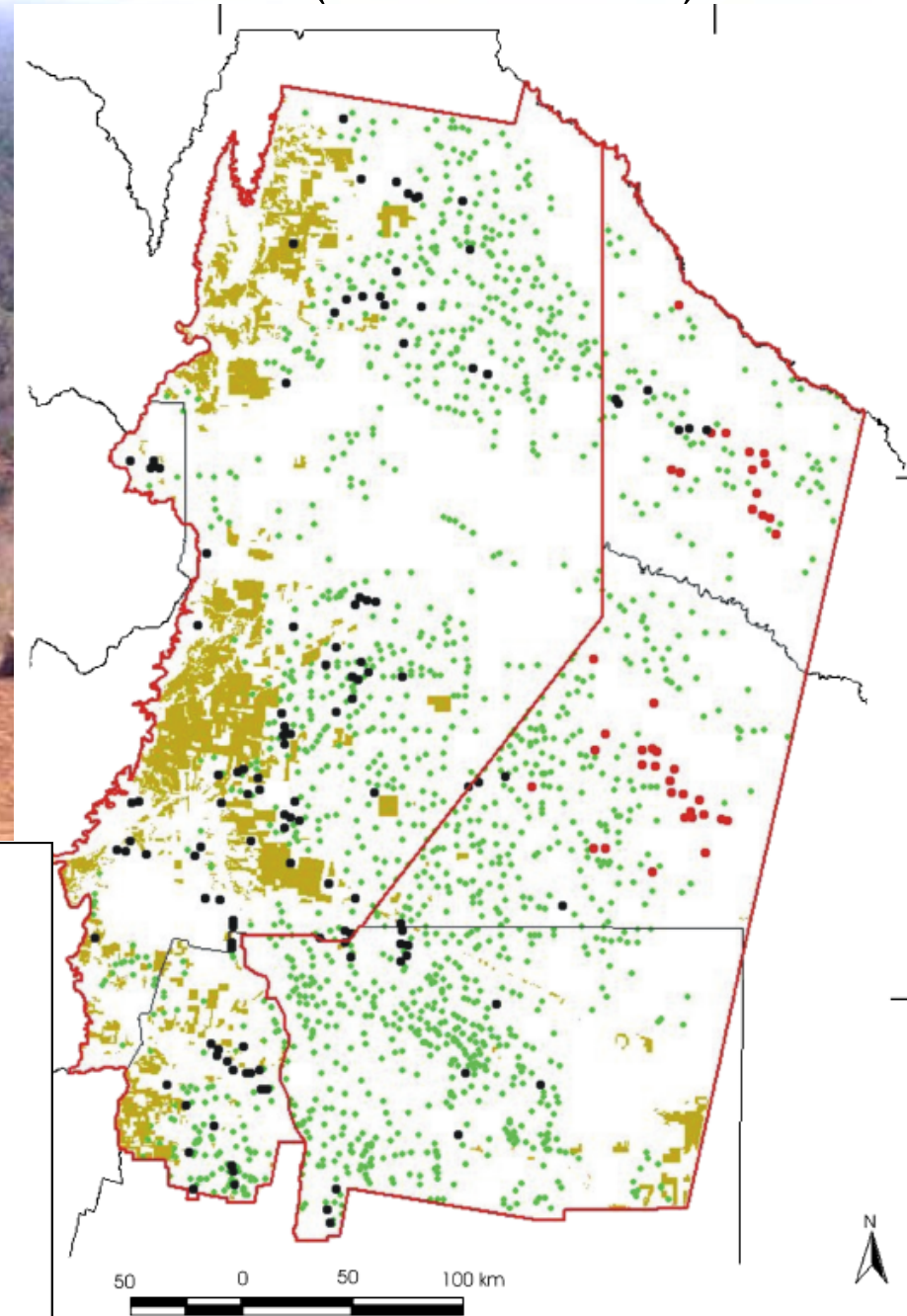
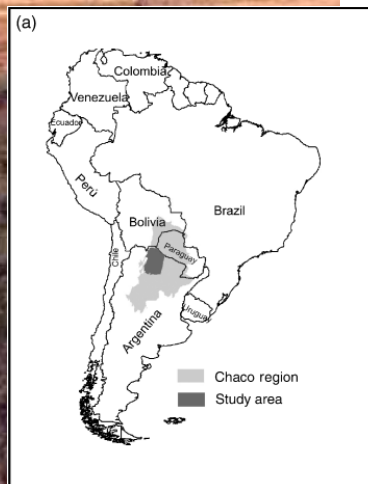
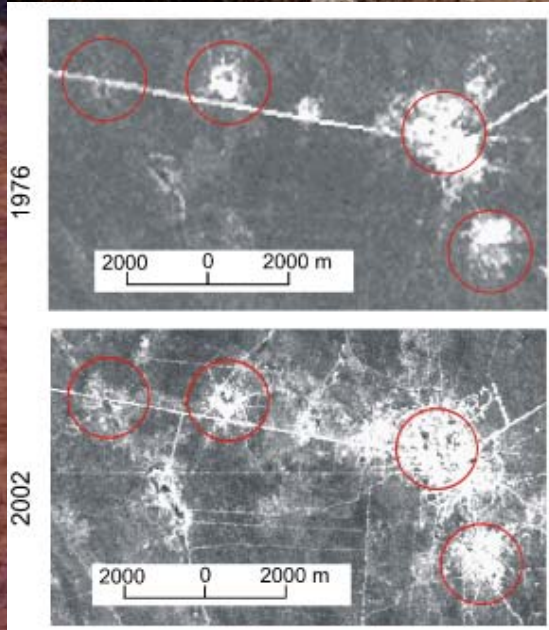
des demandes locales, nationales  
et (surtout!) globales



13,000,000 ha (= surface Nicaragua)

# L'expansion du soja : déforestation (1972-2002)

Habitats humains





# Perceptions & adaptations

Stakeholder	Perceived Climatic Change	Adaptation strategy
	Droughts, water stress Rainfall variability Milder winters, Spring frosts	Use of native species Sustainable, less intensive agr.
	Warming/ milder winters Rainfall variability	Improved genotypes Use of weather information
	Less rainfall/ milder winters No change, just cycles	Production diversification Use crop insurance
	Droughts, warming Rainfall variability, flooding (coast)	Territorial development plans Improved genotypes Redesign leasing contracts
	Warming Sea and river pollution	New commodity contracts as commodity production grows
	Warming Less well-defined seasons More frost and hail	Assess risks at plot level Improve databases Improve weather radar network
	Droughts Desertification	Diversification of production Territorial development plans Social protection plans
	Warming/ Milder winters	Territorial development plans Value ecosystem services
	Warmer summers	Study GxE interactions Biotechnology R&D

*Urcola, H.A., Elv  
J.F. (2010) Clima  
Strategies in Bue*



***Productivité = disponibilité x assimilation x conversion***

## 1. Disponibilité en eau

(Précipitation, demande atmosphérique, irrigation)

## 2. Assimilation d'eau par le système sol-plante

(infiltration, stockage dans le sol, exploration racinaire)

## 3. Conversion de l'eau en biomasse utile

(kg MS per mm d'eau transpirée - *water-limited yield*)



# G x E x SC

## *Yield-defining factors*

### **Varietal characteristics**

Development rates  
(plastochrone, phyllochrone,  
thermal times)

Growth rate (photosynthesis,  
specific leaf area, leaf weight  
ratio, relative growth rate,  
respiration)

Morphology  
(architecture,  
partitioning  
(HI))

Quality traits

### **Environmental supply**

Radiation (PAR), Temperature,  
Growing period (e.g. frosts),  
Day length

### **Management**

Planting dates, plant density  
and spacing (architecture),  
Light competition by weeds/  
defoliation by pests

## *Yield-limiting factors*

### **Varietal characteristics**

Drought tolerance/ efficient  
water use

Efficient nutrient capture and  
conversion into biomass

### **Environmental supply**

P, K, S, micronutrients)

### **Management**

Water harvesting

Irrigation (frequency, amount  
and method)

Fertilisation (type, amount and  
method)

Current and past soil  
management (heterogeneity)

Mulching, terracing, rotation...

## *Yield-reducing factors*

### **Varietal characteristics**

Tolerance/ resistance (P&D)

Competitive ability (Weeds)

Morphology/ phenology

### **Environmental supply**

for pest/  
tic  
of  
ation  
eneity,  
nboring

plots)

Weed infestation (seed banks)

Host plants for pests

### **Management**

Current and past pest, disease  
and weed management

Crop rotation

Spatial allocation of crops

L'adaptation des systèmes de culture au  
changement climatique est plus vaste que e.g. la  
résistance d'un certain génotype à la sécheresse

## 1. Vulnérabilité/ impacts :

- des systèmes de culture/ production
- des moyens de vie ruraux

## 2. Adaptation/ perceptions :

- systèmes de culture/ production mieux adaptés, capables de minimiser les risques
- comprendre, prédire (et accompagner?) les stratégies d'adaptation des familles rurales et leurs impacts/ viabilité

## 3. Mitigation/ atténuation :

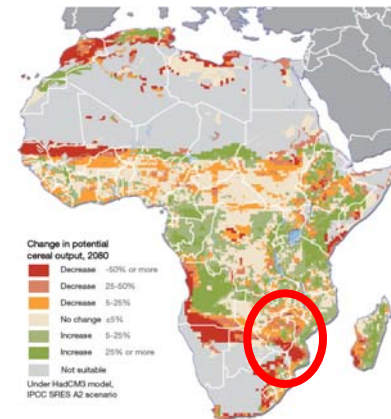
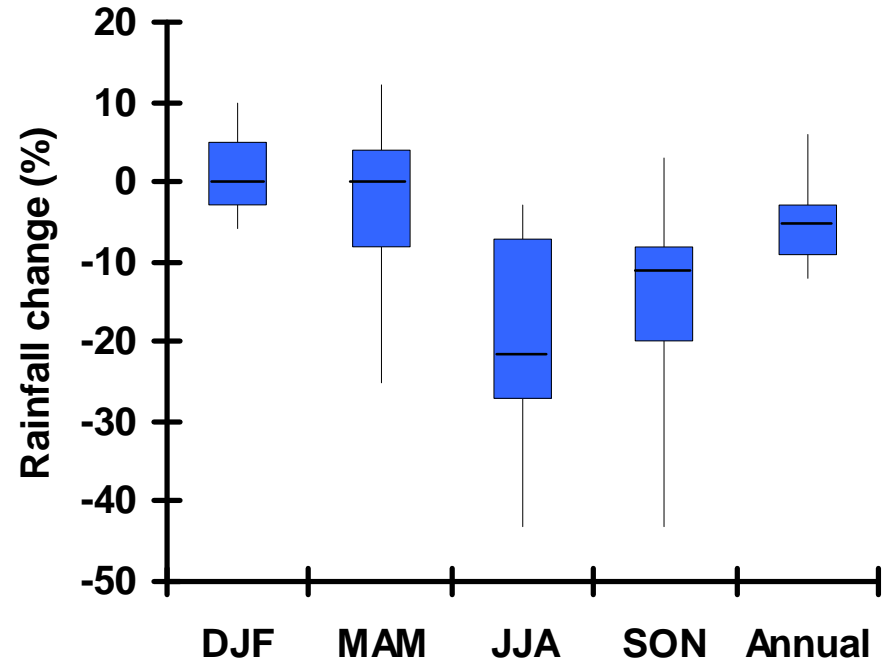
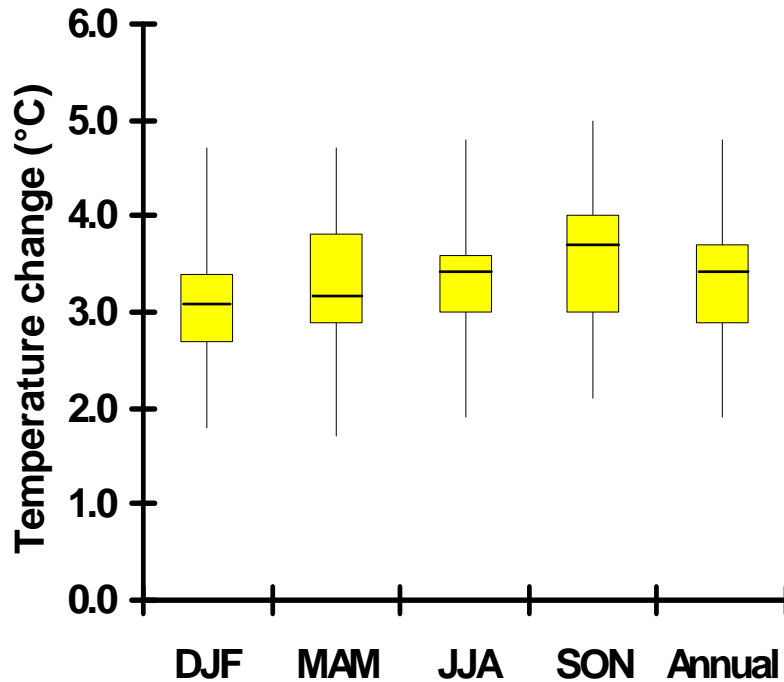
- diminution des émissions de gaz liés à l'agriculture
- séquestration et stockage de C dans le paysage agricole

Impacts sur l'agriculture :

- Sécheresse, stress hydrique (risques)
- Raccourcissement/ déplacement des cycles
- Effets sur les cycles des ravageurs et maladies
- Erosion (torrentialité)
- Inondations (anoxie)
- Etc...



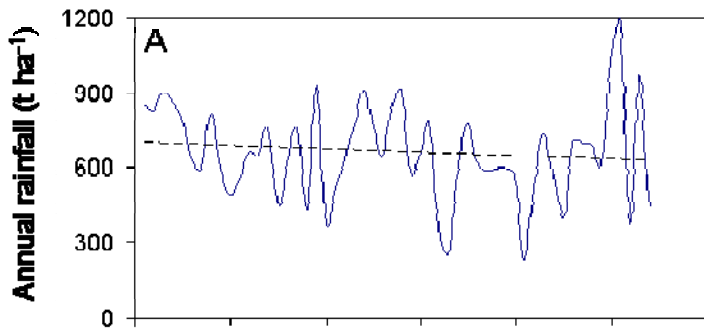
- Output of 21 general circulation models (IPCC) for 2100



Afrique australe



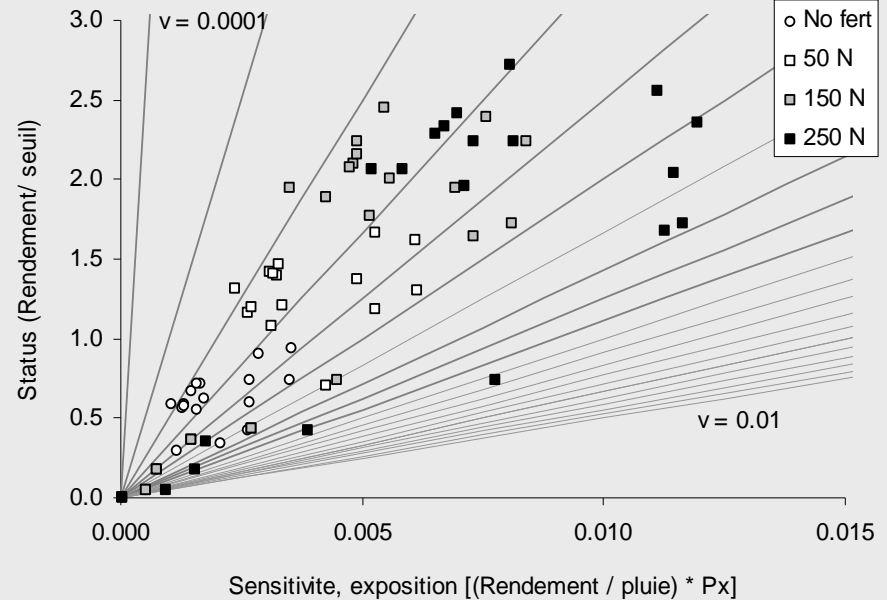
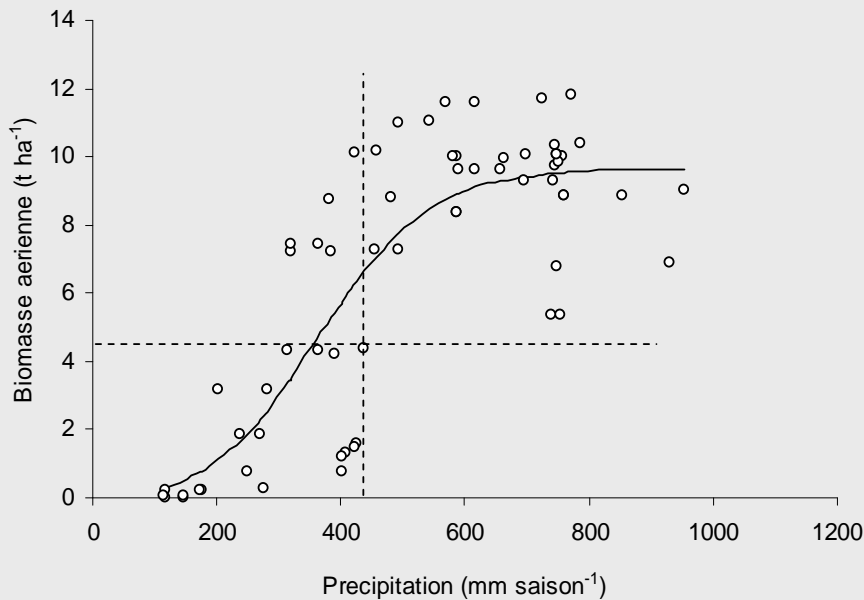
## Makoholi, Zimbabwe

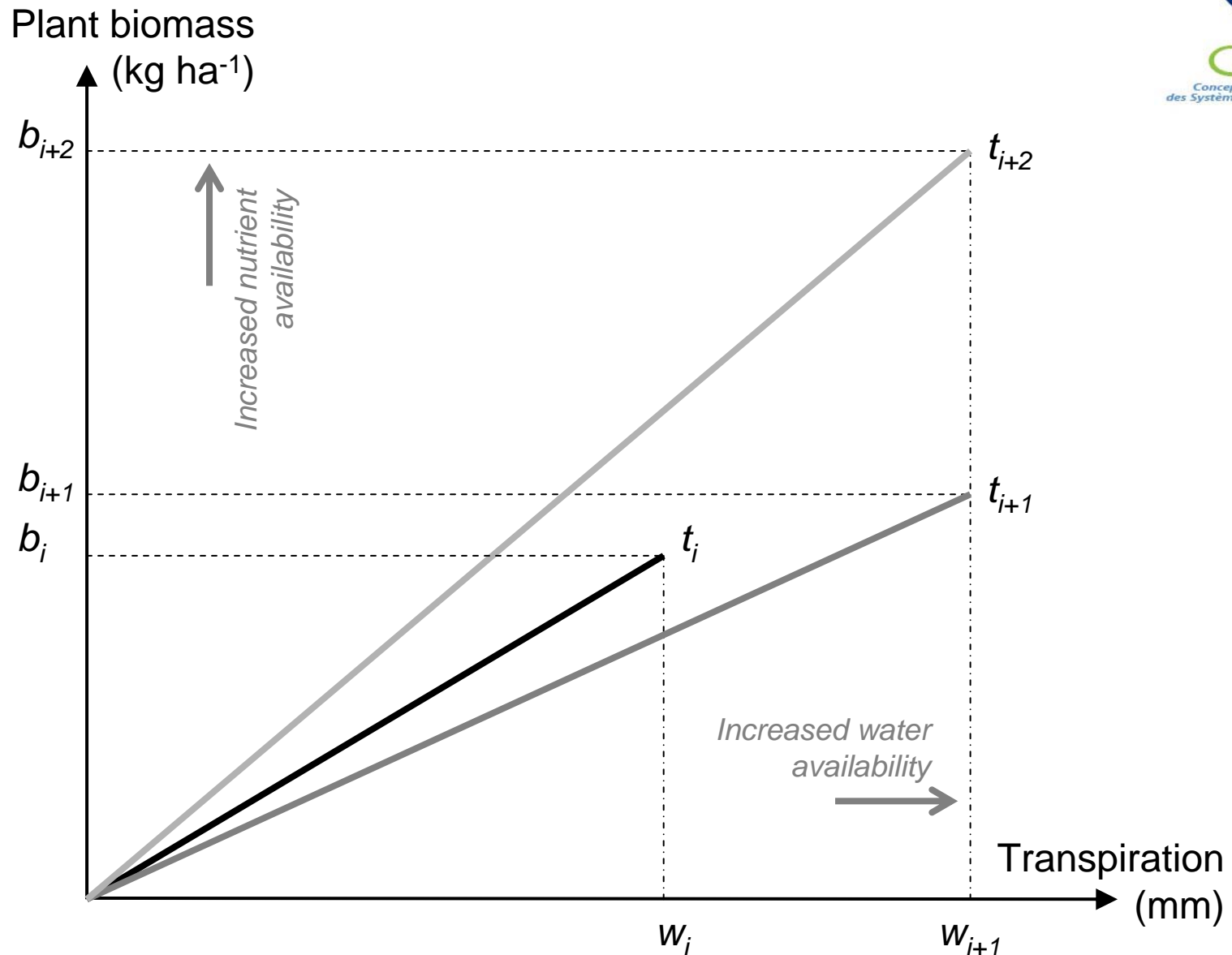


## Soil fertility gradients



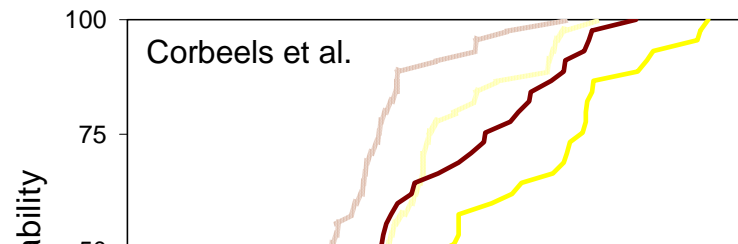
Vulnerability surfaces (Luers, 2005) = Sensitivity \* Exposure \* Current status



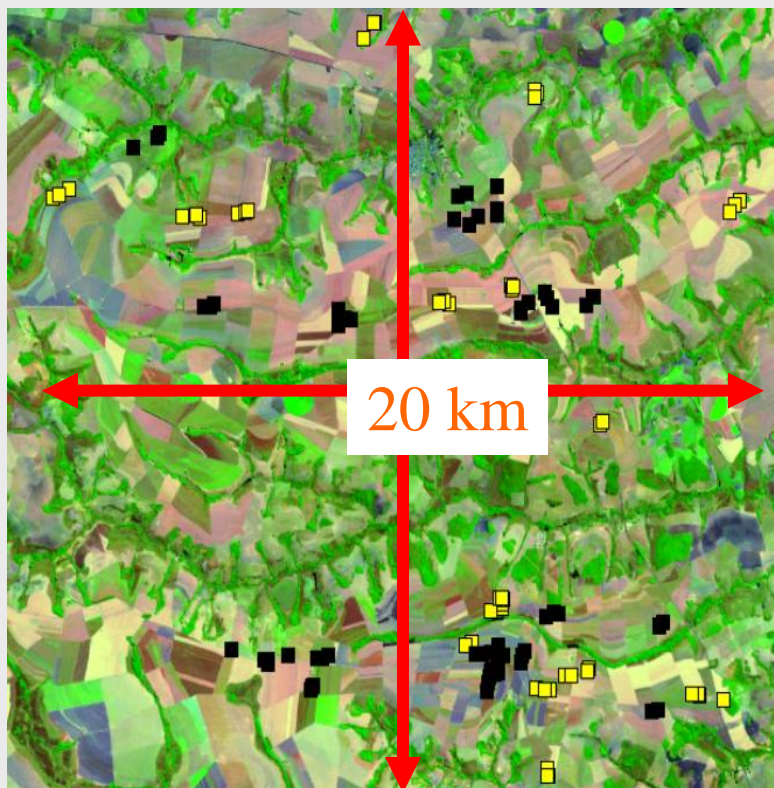




## SCV: systèmes sous couverture végétale

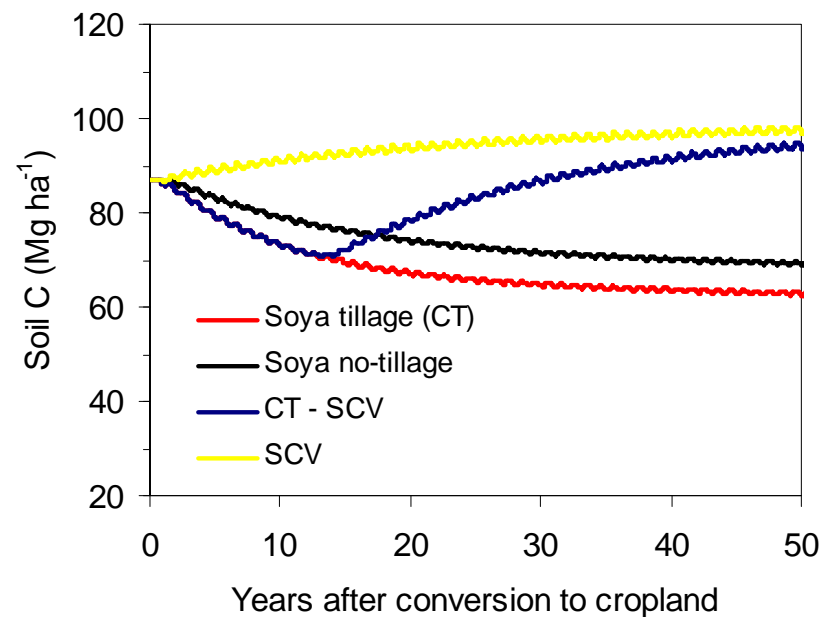


## Performance et séquestration du C par les SCV dans les Cerrados, Brésil



Rio Verde, Montividiu

## Simulation dynamique du C du sol

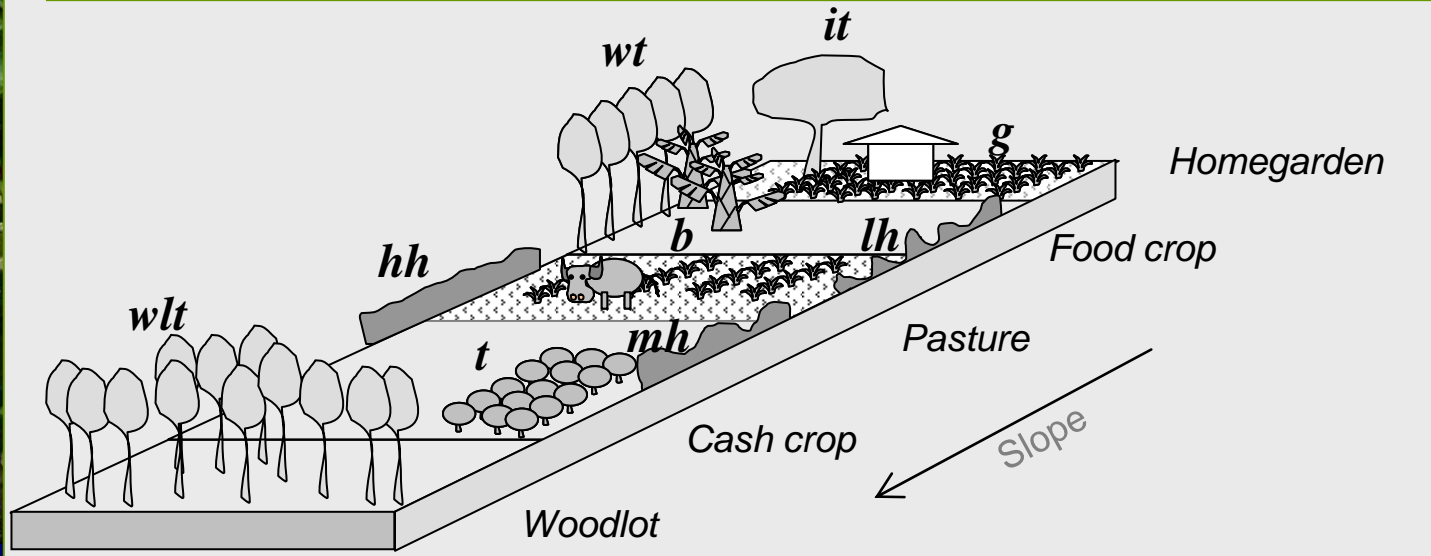
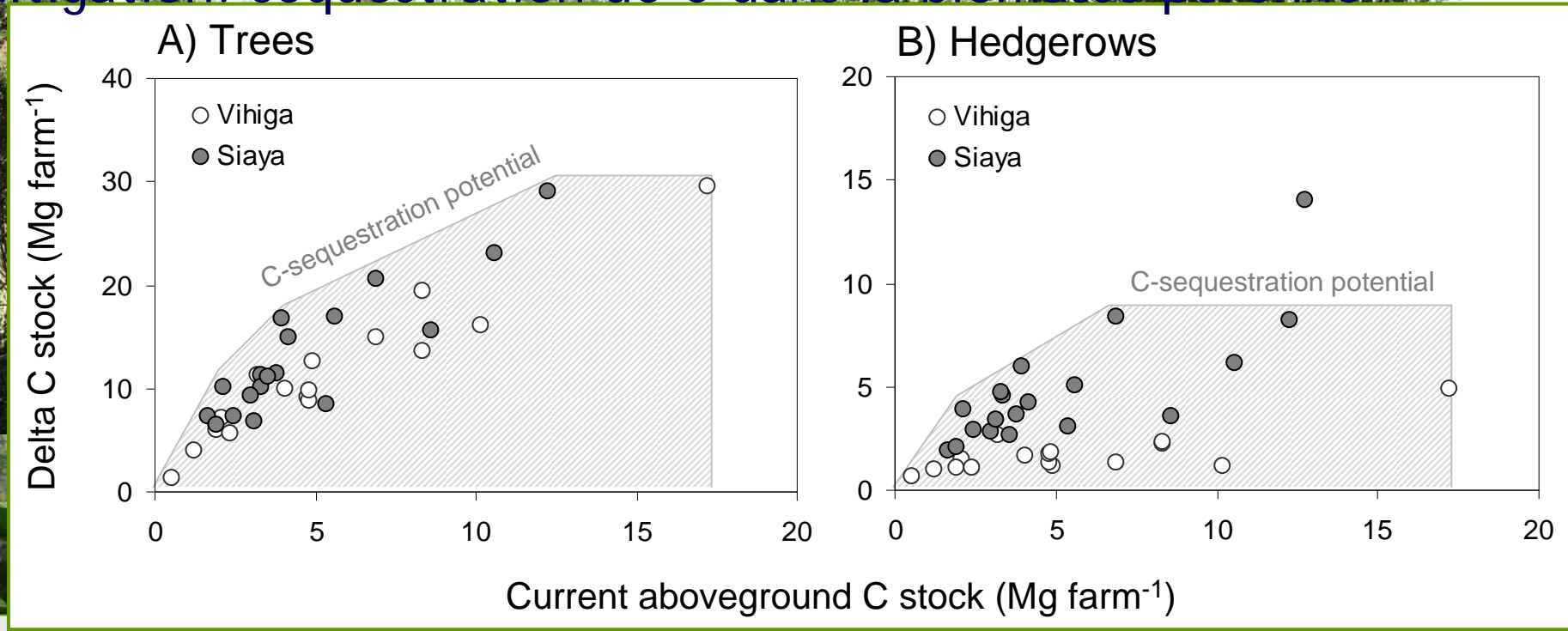




# L'adaptation des systèmes de production



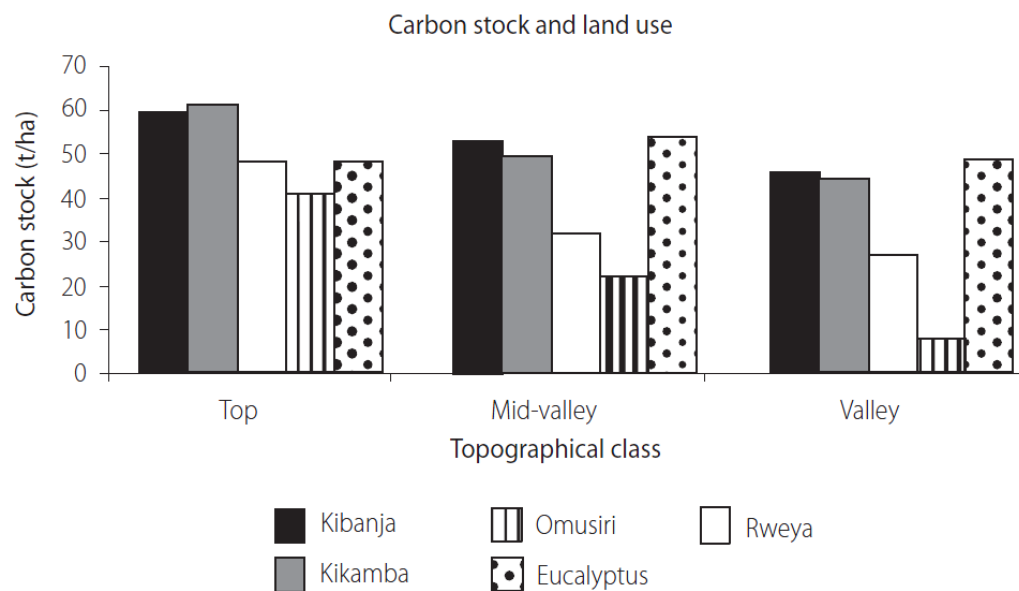
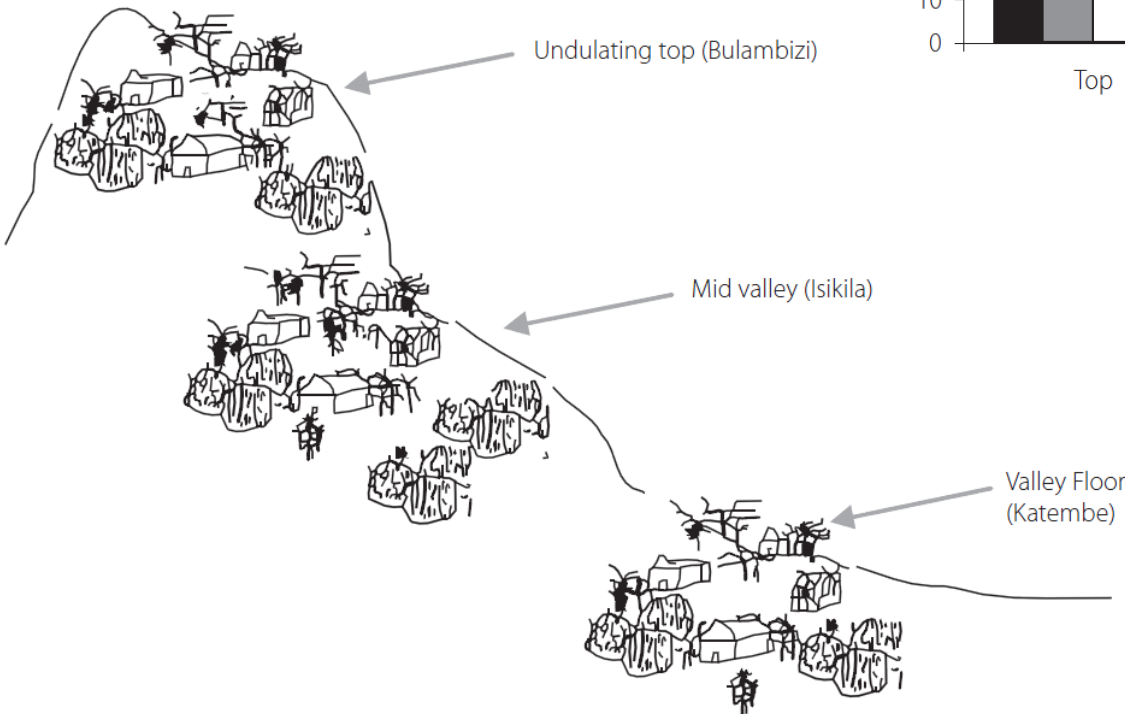
# Mitigation: séquestration de C dans la biomasse pérenne

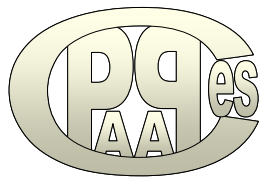




# Mitigation: séquestration de C dans le sol

## N Tanzanie

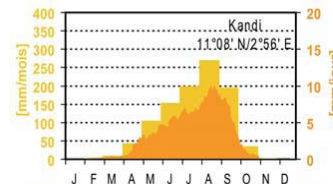




Perception, Adaptation et Accompagnement des Populations face aux changements Climatiques, Environnementaux et Sociaux (H. Guibert)



- 1 - Recueil perceptions, adaptations
- 2 - Validations
- 3 - Accompagnements



## Résultats préliminaires

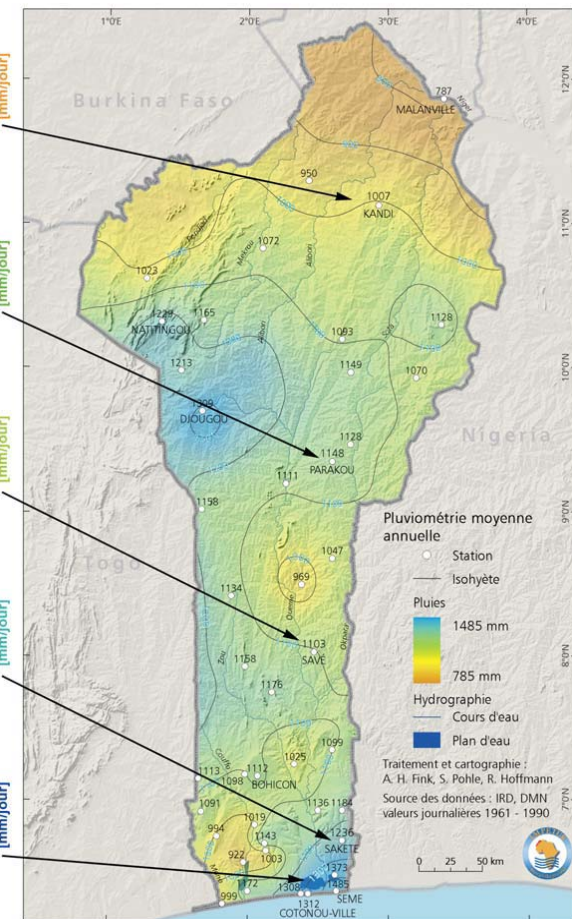
Divergence entre perceptions paysannes et analyses des séries des données climatiques

Différentes stratégies d'adaptation selon le type d'agriculteur

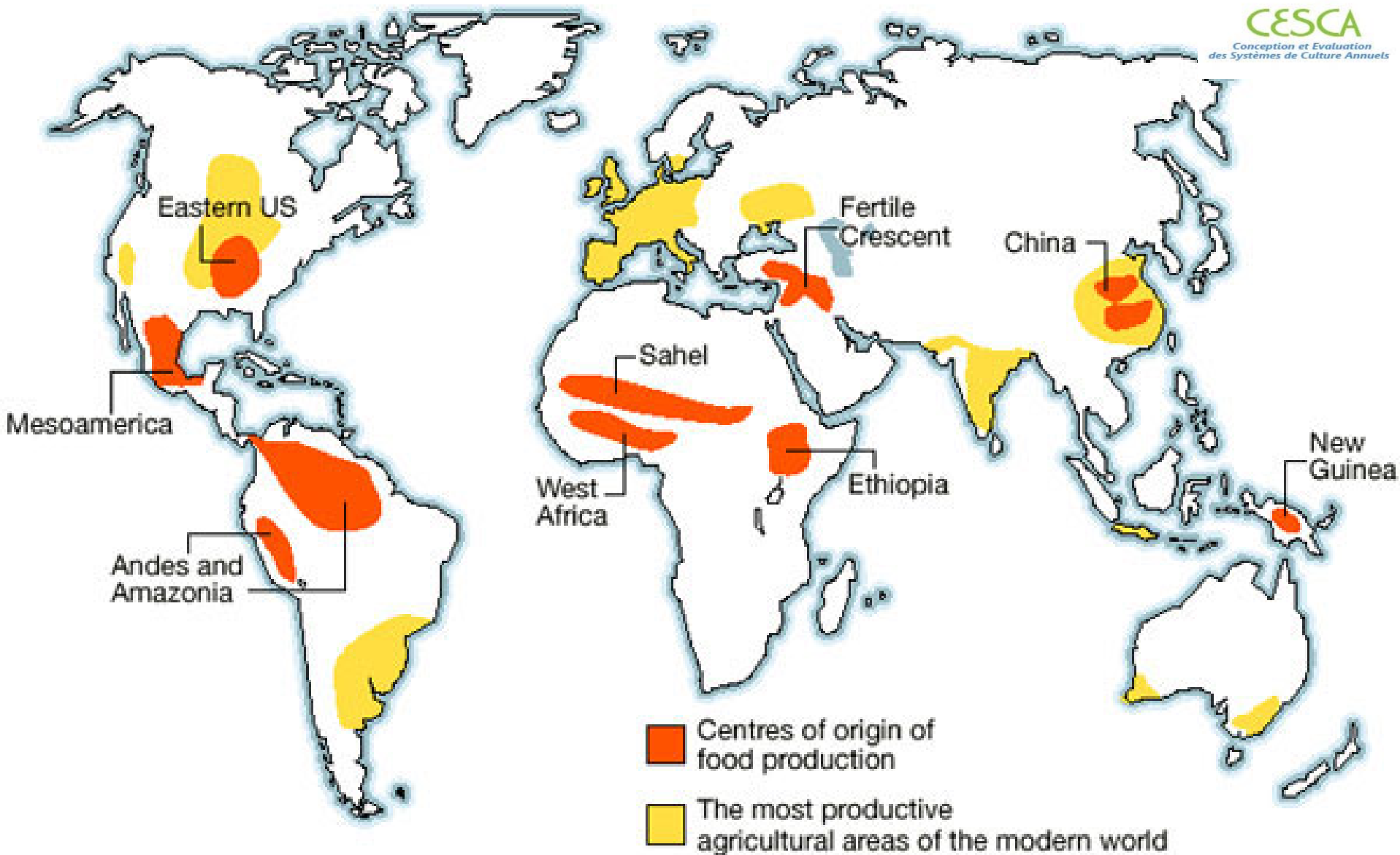
Changements de l'assolement au niveau du territoire; vers une 'extensification' de l'agriculture

Diversification des cultures et des activités (p.ex. fabrication de charbon de bois)

Migration



# Adaptation... des pistes?





# Paddy Rice, Asia



## Duck-Azolla-Rice system

- Pest and weed control by ducks
- Refuge to edible insects in the rice plant
- N<sub>2</sub> fixation by *Azolla* spp.
- Manure deposition and nutrient mobilization



# Maize production, Mexico

## The *Milpa* system (Central America)

- An association of maize, beans and pumpkin
- Maize gives support to climbing beans
- N<sub>2</sub> fixation by beans (legumes)
- Soil cover by pumpkin: weed control and reduced evaporation





# Millet production, Niger

## Millet-Cowpea in the Sahel

- An association of maize, beans and
- Maize gives support to climbing bea
- N<sub>2</sub> fixation by cowpea (legumes)
- Soil cover by pumpkin: weed contro  
reduced evaporation





# Andean agriculture, South America

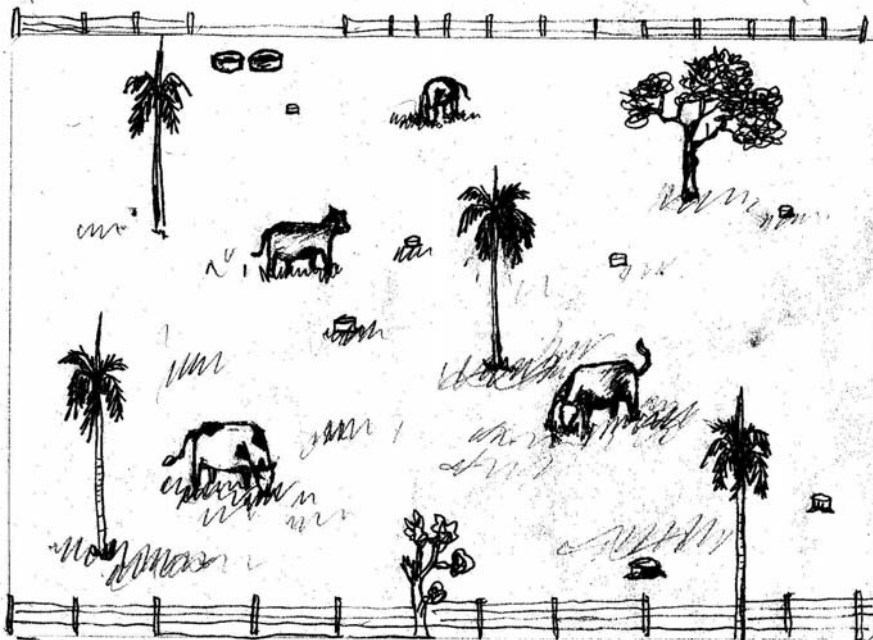
## Agriculture in the highlands

- Ancient systems that sustain food production in extreme and fragile environments
- Huge agro-biodiversity
- Complex soil and water conservation systems
- Communal work

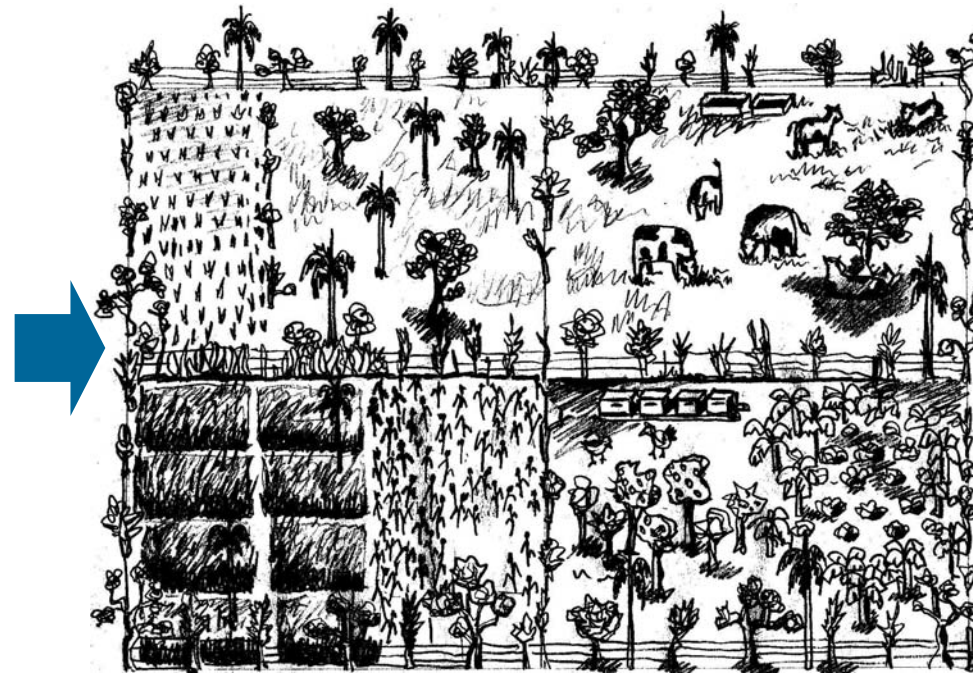




## Systèmes laitiers spécialisés avant 1990



## Systèmes intégrés d'agriculture-élevage



- La recherche agronomique est sollicitée au delà de l'amélioration variétale (approche systèmes)
- Les effets du CC sont fortement confondus avec ceux de l'expansion démographique
- En Afrique, les stratégies d'adaptations au CC doivent être accompagnées de stratégies pour la restauration de la fertilité des sols
- Stratégies d'adaptation : spécifiques par rapport au contexte
- S'appuyer sur les savoirs locaux (traditionnels, actuels), mais ne pas confondre avec les 'perceptions' locales



---

# Merci de votre attention

---



Traditional *Aimara* system at 4000 masl - Atacama desert, Chile

## Session 3D: Understanding the perception of actors to enable adaptation to climate change

1. Farmers' perceptions on CC should be analysed from a historical perspective; climate change is a very political issue that influences perceptions enormously;
2. Farmers' perceptions should not be confused with local knowledge; perceptions drive attitudes towards risks ;
3. Understanding farmers' perceptions on CC seems to be most critical in developing countries; in developed countries, it is more about 'creating awareness' among farmers;
4. The concept of 'best practices' is challenged under a situation of climatic risk; adaptation strategies need to be designed considering the local complexity, to be context-specific;
5. Some adaptation strategies that farmers undertake may lead to eventually larger environmental damage in the long term;
6. Adaptation strategies require institutional support, because they concern multiple organisational levels, actors and scales.

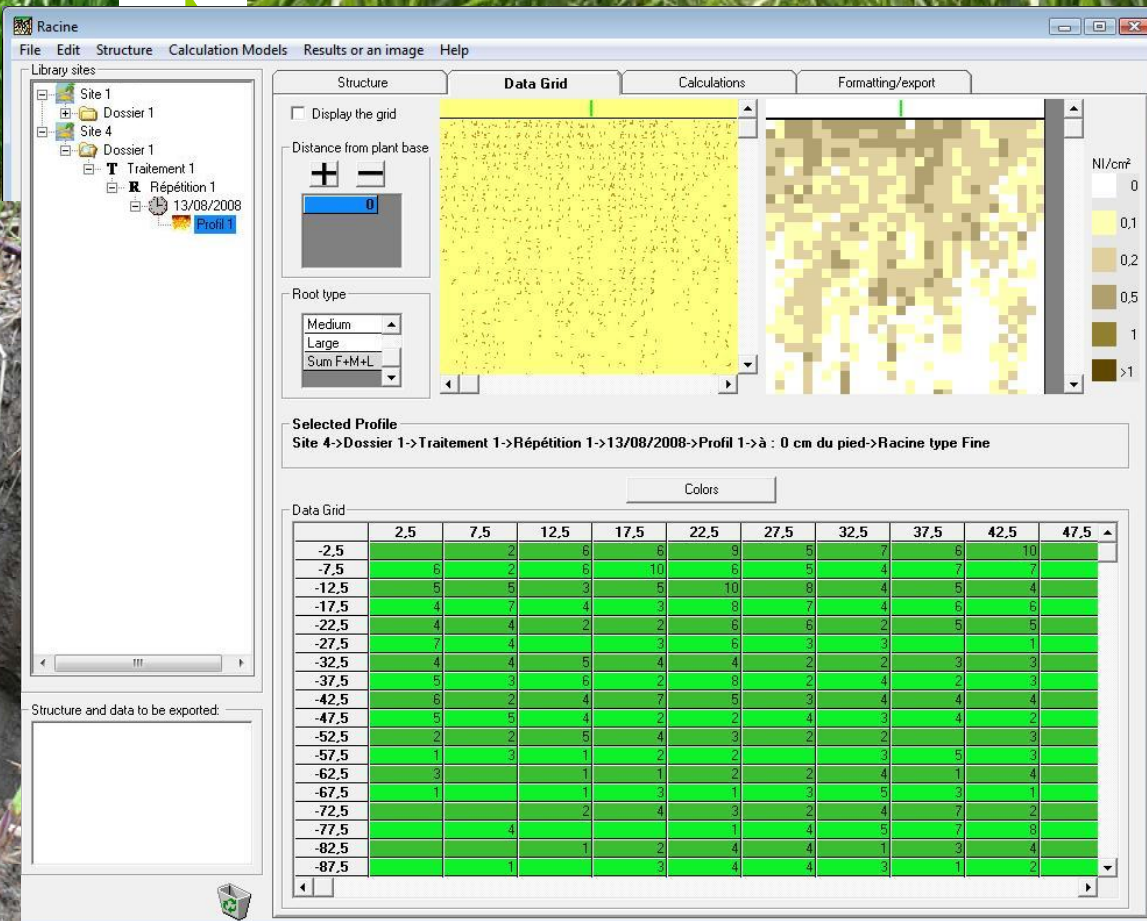


# Conception du Système de Culture

## Systèmes canniers écologiquement intensifs à La Réunion

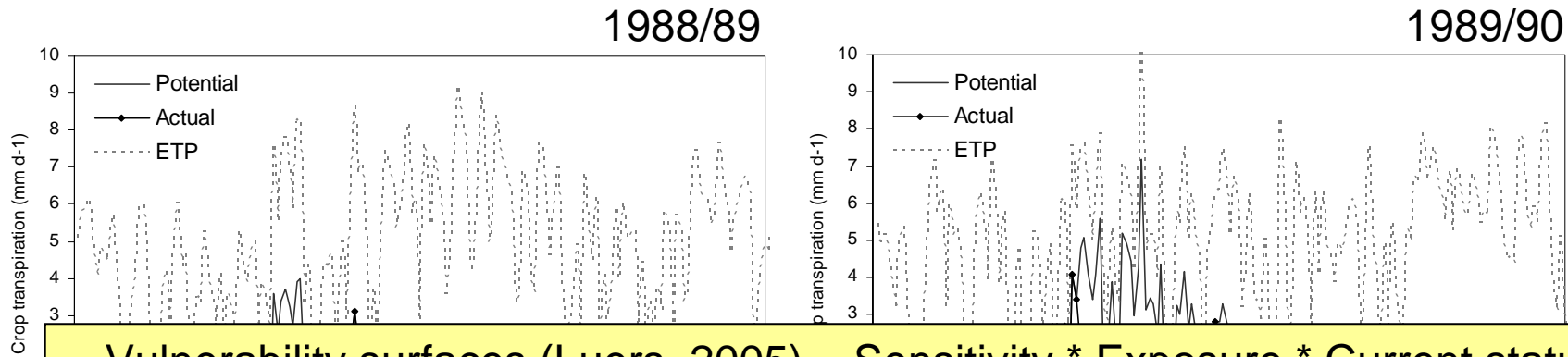
(Andrianteranagna, Chaballier, Marion, Chopart, Letourmy & Titonell)

Etudes de distribution  
racinaire

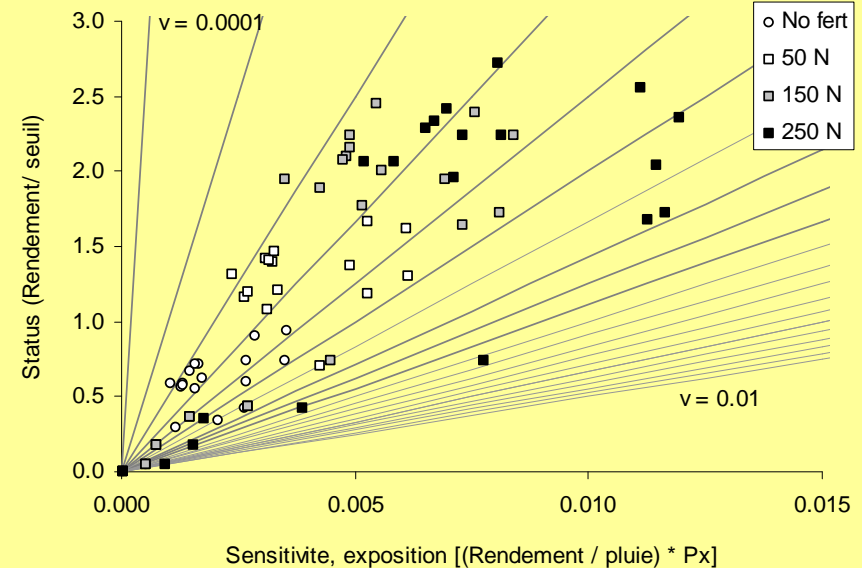
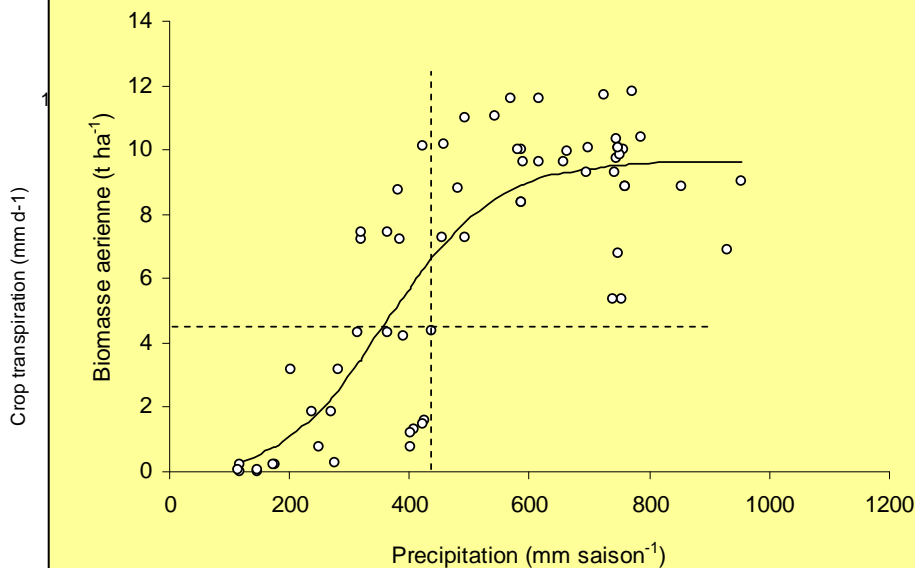




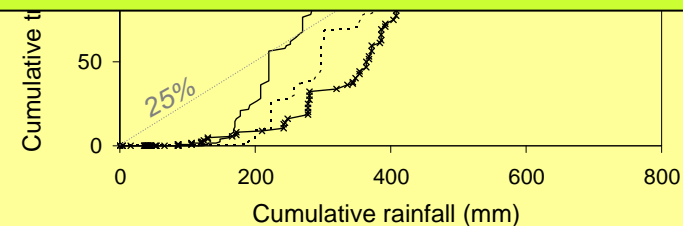
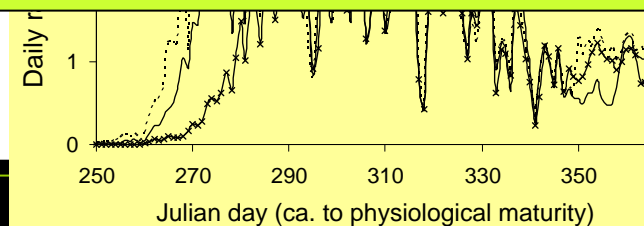
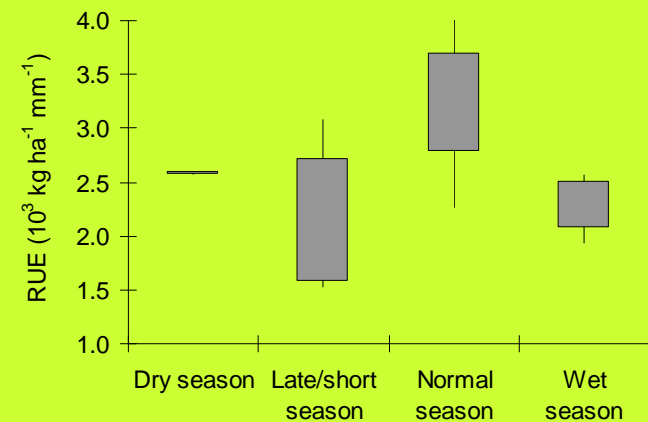
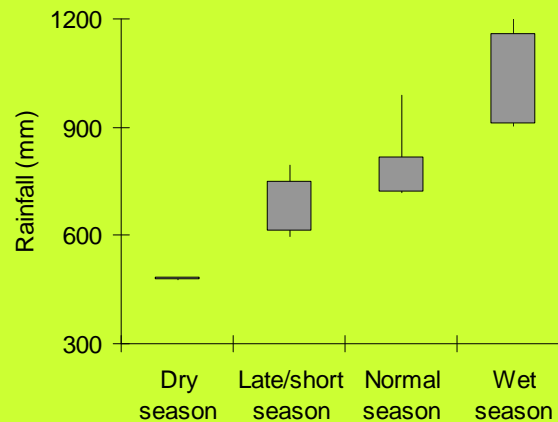
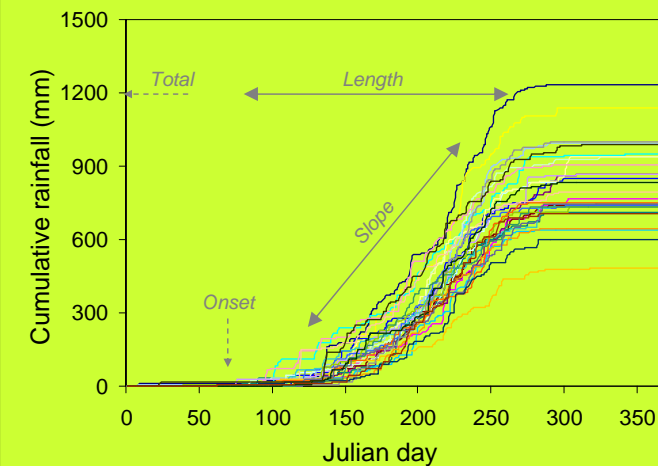
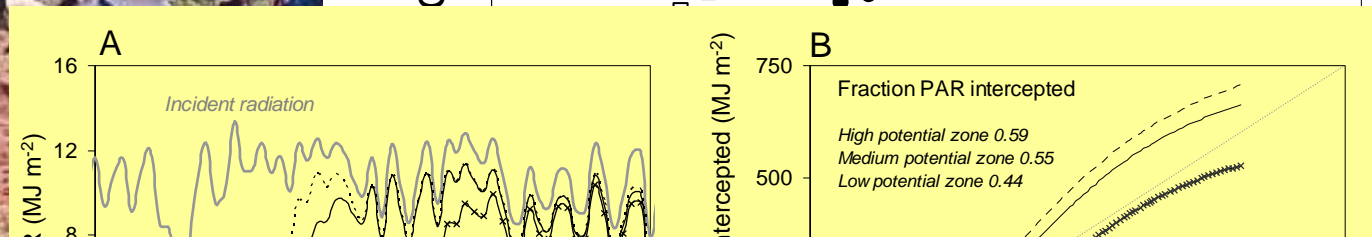
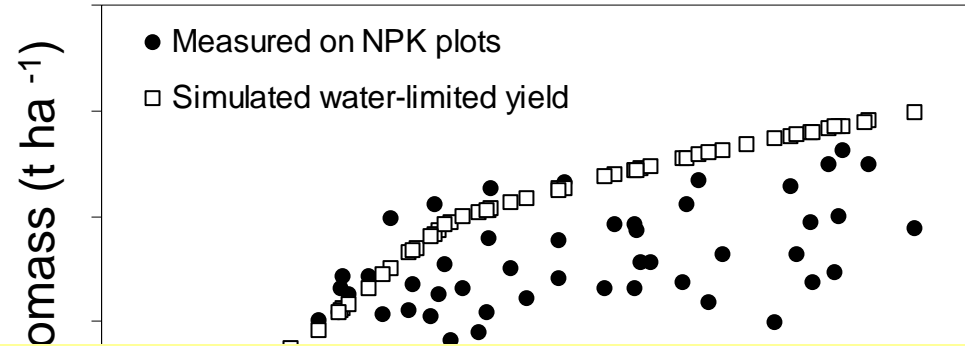
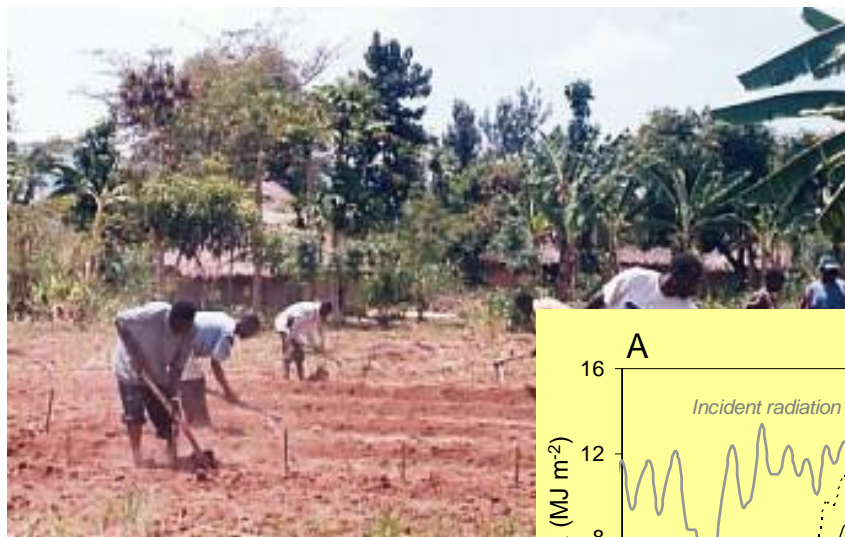
## Model-based assessment of the vulnerability of agricultural production to rainfall variability in semi-arid Zimbabwe (Tittonell & Corbeels, unpubl.)



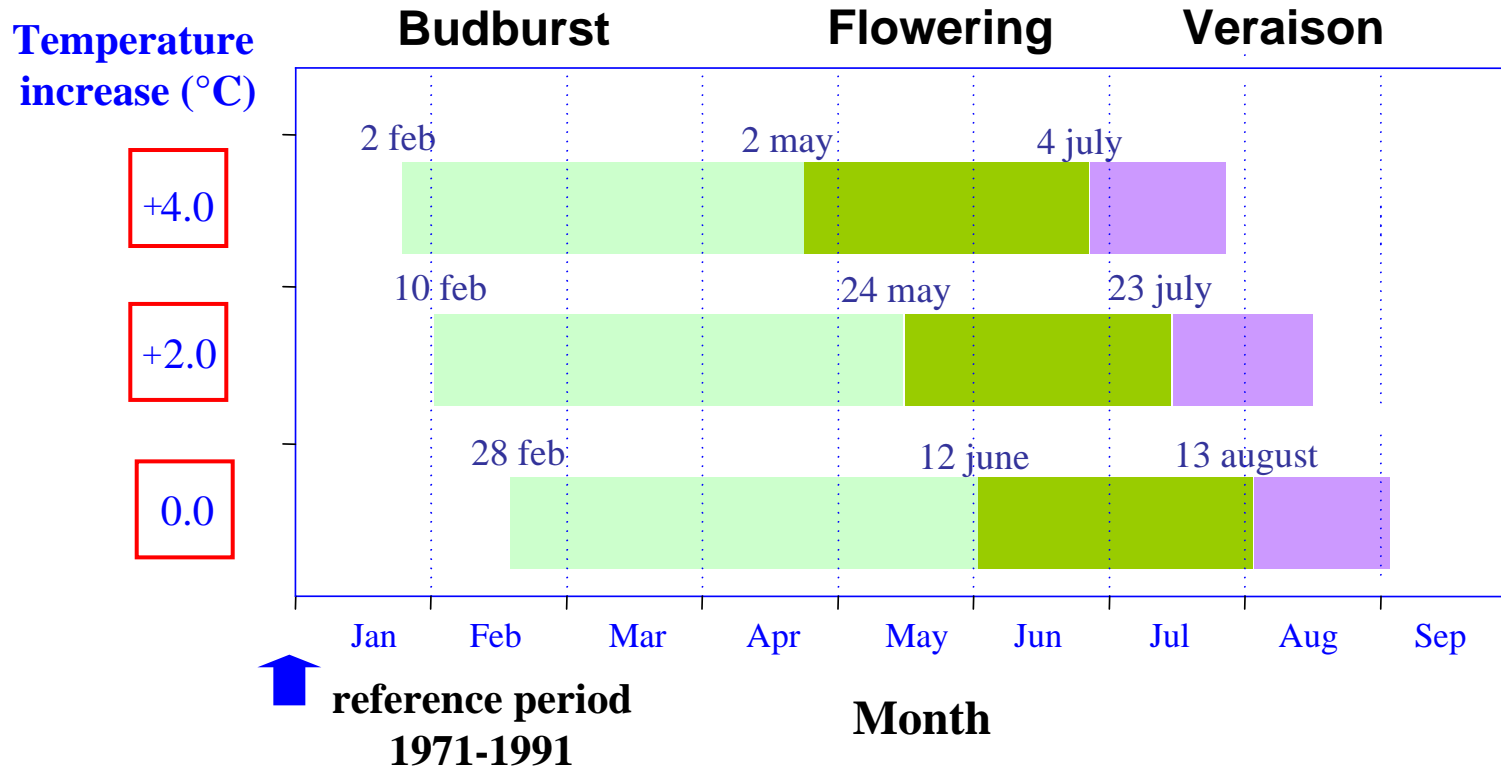
Vulnerability surfaces (Luers, 2005) = Sensitivity \* Exposure \* Current status



### Participatory on-farm experiments



## Avancement de la phénologie de la vigne : ripening towards the summer hottest period



Lebon, E., 2000. Changements climatiques : quelles conséquences prévisibles sur la viticulture, actes des 6èmes rencontres rhodaniennes, Institut Rhodanien, Orange, 31-36.